

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

② Offenlegungsschrift  
③ DE 44 30 867 A 1

⑤ Int. Cl. 8:  
H 01 F 7/18  
H 01 H 47/22  
F 15 B 13/044  
F 15 K 31/06

④ Aktenzeichen: P 44 30 867.1  
⑥ Anmeldetag: 31. 8. 94  
⑦ Offenlegungstag: 7. 3. 98

DE 44 30 867 A 1

⑦ Anmelder:

Licentie Patent-Verwaltungs-GmbH, 60598 Frankfurt,  
DE

⑦ Erfinder:

Roschke, Thomas, Dipl.-Ing., 01917 Kamenz, DE;  
Kühn, Olaf, Dipl.-Ing., 01219 Dresden, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Schaltungsanordnung zur Regelung des elektromagnetischen Antriebes eines Schaltgerätes

⑥ Eine Verringerung des Kontaktprellens durch eine optimale Kontaktgabe- und eine begrenzte Ankerstoßgeschwindigkeit wird erfindungsgemäß durch eine Schaltungsanordnung mit

- einer übergeordneten Geschwindigkeitsschleife mit einem die Geschwindigkeit des Ankers (1) messenden Geschwindigkeitssensor (7),
- einem die Meßspannung in einer der Geschwindigkeit entsprechenden Größe umsetzenden Wandler (8),
- einer Summationsstelle (11) zur Ermittlung der Differenz  $v$  zwischen der gemessenen Ankergeschwindigkeit  $v_{\text{akt}}$  und einer der Summationsstelle (11) als konstanten Referenzwert zugeführten Führungsgröße  $v_{\text{ref}}$ ,
- einem Proportionalglied (13) zur Verstärkung des Ausgangssignals  $v$  der Summationsstelle (11) in einen Stromwert  $i_{\text{ref}}$ ,
- einer Summationsstelle (15) zur Ermittlung der Stromwert-Differenz zwischen dem Stromwert  $i_{\text{ref}}$  und einem durch eine unterlagerte Regelschleife mit einem Meßwiderstand (17) gemessenen Stromwert  $i_{\text{akt}}$  und
- mit einem zu der Summationsstelle (15) nachgeschalteten Pulssteller (18), über den die gepulste Steuerspannung zu der Spule (3) leitbar ist.

DE 44 30 867 A 1

E 44 30 867 A1

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Regelung des elektromagnetischen Antriebes eines Schaltgerätes der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Elektromagnetische Schaltgeräte werden in der Automatisierungs- und Antriebstechnik eingesetzt, wobei diese z. B. als Schütze ausgebildeten Geräte im Verbund und in der Verknüpfung mit anderen Komponenten zur Sicherung und Steuerung elektrischer Verbraucher dienen. Um solche Schaltgeräte optimal an ihre Schaltaufgabe unter Einbeziehung unterschiedlicher Betriebsbedingungen und spezifischer Geräteeigenschaften anzupassen, kann es erwünscht sein, ein vorgegebenes Geschwindigkeits-Weg-Profil der Kontaktbewegung einzuhalten. Damit können spezielle Schaltprinzipien umgesetzt werden und/oder das Kontaktprellen beim Einschalten minimiert werden, was zur Reduzierung des Abbrandes und des mechanischen Verschleißes führt und in eine Erhöhung der Lebensdauer und/oder der maximalen Schaltleistung des Gerätes umgesetzt werden kann. Je besser es gelingt, den jeweils erforderlichen Idealverlauf der Geschwindigkeit der Schaltglieder über dem Schaltweg sicherzustellen, um so geringer ist der Verschleiß und um so besser ist die Anpassung des Gerätes an die Schaltaufgabe. Dabei kann ein solches Geschwindigkeits-Weg-Profil zur Verminderung des Prellens im wesentlichen auf eine optimale Geschwindigkeit bei Kontaktgabe und eine Verringerung der Geschwindigkeit beim Zusammenstoß der Kontakthalften zurückgeführt werden. Besonders erschwerend wirkt die Vergrößerung des Schaltweges bis zur Kontaktgabe durch den nicht vermeidbaren Abbrand, da sich dadurch der Idealverlauf der Geschwindigkeits-Weg-Kennlinie während der Lebensdauer verändert.

Eine Verminderung des Prellens kann durch eine bessere Abstimmung zwischen Kontakt-, Übertragungs- und Antriebssystem erreicht werden, jedoch nur für bestimmte Bedingungen, meist Nennbedingungen, ausgelegt werden. Die Einhaltung eines bestimmten Geschwindigkeits-Weg-Profiles gewährleistet dagegen die Verminderung des Prellens unter allen zulässigen Einsatzbedingungen während der gesamten Lebensdauer und unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen des Gerätes. Die wirksame Einhaltung dieser Idealkurve kann durch geeignete Schaltungsanordnungen zur Regelung des Bewegungsablaufes realisiert werden.

Durch die EP 0 376 493 A1 ist eine Steuerschaltung bekannt, mit welcher der Bewegungsvorgang von elektromagnetischen Ventilen zur Verminderung von Prellerscheinungen beeinflusst wird. So wird in der ersten Bewegungsphase ein sehr hoher Strom zur schnellen Beschleunigung zugelassen. Noch vor dem Schließen des Ventils wird der Strom auf einen relativ kleinen Wert reduziert und die Geschwindigkeit nimmt dann eine dementsprechend geringere Größe ein.

Durch die bekannten Schaltungsanordnungen für elektromagnetische Antriebe wird zwar eine Verringerung der Ankergeschwindigkeit angestrebt, ohne daß dabei gleichzeitig eine spezielle, auf minimales Prellen optimierte Kontaktgabegeschwindigkeit erreicht wird. Auch werden nur Schwankungen der Steuerspannung und teilweise der Temperatur ausgeglichen bzw. berücksichtigt. Ebenso werden die Störgrößen wie Abbrand, Reibung und Toleranzen nicht berücksichtigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zur Regelung des Antriebes eines

2

elektromagnetischen Schaltgerätes zu schaffen, durch die die Einhaltung optimaler Kontaktgabegeschwindigkeiten und die Begrenzung der Ankernstoßgeschwindigkeit über die gesamte Lebensdauer des Schaltgerätes mit einfachsten Mitteln gewährleistet wird, wobei Störgrößen wie Abbrand, Reibung und Toleranzen Berücksichtigung finden und die zulässigen Bereiche von Steuerspannung und Temperatur sogar erweitert, sowie größere Toleranzen zugelassen werden können. Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist in elektromagnetischen Schaltgeräten einsetzbar, welche sowohl mit Gleich- als auch mit Wechselspannung betrieben werden. Weiterhin ist ihre Wirksamkeit unabhängig von der Einschaltphasenlage der Steuerspannung und der Anzugsvorgang beginnt unverzüglich, so daß die Schließverzugszeit nicht vergrößert wird.

Die Schaltungsanordnung zeichnet sich durch einen einfachen Aufbau aus, wobei für die Regelung des Antriebes keine Speicher für Sollkurven und keine Mikrocontroller erforderlich sind. Durch den Einsatz eines einfachen Geschwindigkeitssensors wird auch die Ausregelung der Störgrößen wie Steuerspannung, Abbrand der Kontakte, Temperatur, Reibung und/oder Montage- und Fertigungstoleranzen in einem weiten Bereich ermöglicht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind den weiteren Unteransprüchen zu entnehmen. Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Geschwindigkeits-Strom-Kaskadenregelung eines elektromagnetischen Schaltgerätes,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel für eine Schaltungsanordnung,

Fig. 3a - 3c einen geregelten Anzugsvorgang und

Fig. 4 Geschwindigkeitsverläufe unter Worst Case Bedingungen.

Die Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild für eine Schaltungsanordnung zur Regelung der Bewegung eines Ankers 1 in einem nicht näher dargestellten elektromagnetischen Schaltgerät, insbesondere in einem Schütz, Magnetventil oder Relais mit einer Spule 3, die mit einem Pulssteller 19 zur Erzeugung von gepulsten Steuerspannungen in Verbindung steht. Es ist eine übergeordnete Geschwindigkeitsschleife mit einem die Geschwindigkeit des Ankers 1 messenden Geschwindigkeitssensor 7 vorgesehen, welcher eine der Geschwindigkeit proportionale Meßspannung einem Wandler 9 zuführt. Der Geschwindigkeitssensor 7 kann beliebig ausgeführt sein, z. B. induktiv oder optisch. Die Meßspannung wird hierbei in dem Wandler 9 gemäß den Parametern des Geschwindigkeitssensors 7 in eine der Geschwindigkeit entsprechenden Größe umgewandelt und einer Summationsstelle 11 zur Ermittlung der Differenz zwischen der gemessenen Ankergeschwindigkeit  $v_{ist}$  und einer dem positiven Eingang der Summationsstelle 11 als konstanten Referenzwert zugeführten Führungsgröße  $v_{soll}$ .

Diese Führungsgröße  $v_{soll}$  für die Geschwindigkeit ist ein während des gesamten Regelvorganges konstanter Sollwert. Seine Größe entspricht etwa der gewünschten Ankergeschwindigkeit zu der Kontaktgabe.

Ein der Differenz  $v$  entsprechendes Ausgangssignal aus der Summationsstelle 11 wird dann einem Proportionalglied 13 zur Umwandlung und Verstärkung dieses Ausgangssignals in einen Stromwert  $I_{an}$  zugeleitet. Die

DE 44 30 867 A1

3

4

Signale des Stromwertes  $I_{\text{Mess}}$  und eines gemessenen Stromwertes  $I_{\text{Ref}}$  in der Spule 3 werden einer Summationsstelle 15 zugeführt, in welcher die Differenz  $I$  zwischen dem Stromwert  $I_{\text{Mess}}$  und dem gemessenen Stromwert  $I_{\text{Ref}}$  ermittelt wird. Der Stromwert  $I_{\text{Ref}}$  ergibt sich aus der z. B. über einen Meßwiderstand 17 ermittelten Meßspannung.

Bei einer positiven Stromregelabweichung  $I = I_{\text{Mess}} - I_{\text{Ref}}$ , d. h. der Sollwert des Stromes ist größer als der Meßwert, wird der Stromkreis über einen Zweweggleichrichter 18, den Pulssteller 19, die Spule 3 und den Meßwiderstand 17 geschlossen. Damit liegt die gleichgerichtete Steuerspeisespannung an der Spule 3 an und der Strom fließt über den Steuerstromkreis.

Bei einer negativen Regelabweichung  $I$  unterbricht der Pulssteller 19 den Steuerstromkreis und der Spulenstrom fließt dann über den Meßwiderstand 17 und einen Freilaufkreis mit einer Freilaufdiode 21. Hierdurch hält sich der Strom in der Spule 3 bis zum nächsten Einschaltimpuls des Pulsstellers 19 aufrecht. Der Zweweggleichrichter 18 kann mit Gleich- oder Wechselstrom beaufschlagt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung arbeitet der Pulssteller 19 mit einer Hysterese. Zu diesem Zweck unterbricht der Pulssteller 19 erst dann den Stromkreis, wenn der Strommeßwert  $I_{\text{Mess}}$  um einen festen Hysteresewert  $I_{\text{Hysterese}}$  über dem Sollwert liegt und entsprechend umgekehrt. Dabei kann die unterlagerte Stromregelschleife in Verbindung mit dem hysteresebehafteten Pulssteller 19 nach Beendigung des Anzugsvorganges zum Haltepuls genutzt werden, indem der Summationsstelle 15 ein fester Haltestromgrenzwert zugeführt wird. Vorteilhafterweise erfolgt das Umschalten auf einen konstanten Stromwert  $I_{\text{Soll}}$  halten über ein Konstantzeitglied, wobei dessen Zeitkonstante deutlich größer als die maximal mögliche Gesamtschließzeit ist.

Erfindungsgemäß wird mit einer übergeordneten Geschwindigkeitsregelschleife und einer dynamisch schnelleren, unterlagerten Stromregelschleife eine Schaltungsanordnung für ein elektromagnetisches Schaltgerät geschaffen, womit eine Verringerung des Kontaktprellens und damit eine Verringerung des Abbrandes durch eine optimale Kontaktgabe und eine begrenzte Ankerkernstoßgeschwindigkeit erzielt wird. Hierdurch werden die Lebensdauer des Schaltgerätes verlängert und/oder die Schaltleistung erhöht, wobei die Geschwindigkeiten unter dem Einfluß von Steuerspannungsschwankungen, zulässigen Umgebungstemperaturen, Kontaktabbrand und Reibung während der Einsatzdauer sowie von Toleranzen relativ konstant gehalten werden.

Die Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel zu dem in der Fig. 1 dargestellten regelungstechnischen Blockschaltbild, wobei ein Subtrahierer 23 vorgesehen ist, welcher die Differenz aus dem Sollwert für die Geschwindigkeit und dem gemäß Fig. 1 über den Geschwindigkeitssensor 7 gemessenen Meßwert bildet. Der Sollwert für die Geschwindigkeit ist ein konstant bleibender Referenzwert. Diese Geschwindigkeitsdifferenz wird über das Widerstandsverhältnis  $R_N/R_V$  der Widerstände 25, 27, 29, 31 in einem Operationsverstärker 12 verstärkt, so daß am Ausgang des Subtrahierers 23 der Sollwert für den Strom anliegt. Ein eventuell notwendiger Kalibrierungsfaktor des Geschwindigkeitssensors kann in der Verstärkung des Subtrahierers 23 mit berücksichtigt werden. Der Sollwert des Stromes wird als Referenzwert bzw. Schwellwert einem Komparator 16 zugeführt. Solange der Meßwert des Stromes kleiner als der Referenzwert ist, liegt an dem Ausgang des Komparator 16 ein High-Potential an und der n-Kanal-Power-MOSFET 39 ist über eine Ladungspumpe 37 durchgesteuert. Sobald der Meßwert größer als der Referenzwert zuzüglich einer über den Komparator 16 parallel geschalteten Widerstand 33 einstellbaren Schalthysterese wird, liegt am Ausgang des Komparators 16 ein Low-Potential an und der Halbleiterschalter 20 wird gesperrt. Der Strom der Spule 3 fließt dann über die Freilaufdiode 21. Der Halbleiterschalter 20 kann auch aus einem p-Kanal-Power-MOSFET bestehen.

Die Fig. 3a-3c stellen einen gemäß der Erfindung geregelten Anzugsvorgang dar, wobei die Zeiteinteilung immer gleich ist. Die Fig. 3a zeigt den zeitlichen Verlauf der gepulsten Steuerspannung, während die Fig. 3b den konstanten Sollwert für die Geschwindigkeit sowie den Istwert für die Geschwindigkeit während des Anzugsvorganges darstellt. Die Zeitpunkte der Kontaktgabe und des Ankerkernstoßes, wenn die Kernhälften geschlossen sind, sind gekennzeichnet. In der Fig. 3c sind der Sollwert und der Istwert für den Strom abgebildet. Der Sollwert des Stromes ergibt sich aus der in der Fig. 3b ersichtlichen Differenz der Soll- und Istgeschwindigkeit, um einen Faktor  $K$  verstärkt. Erst wenn die Geschwindigkeit des Ankers sich ihrem Sollwert nähert und somit die Geschwindigkeitsdifferenz klein genug ist, wird die Steuerspeisespannung erstmals durch den Pulssteller 19 abgeschaltet. Bis zu diesem Zeitpunkt wird die zur Verfügung stehende Energie vollständig zur Beschleunigung des Ankers ausgenutzt. Dadurch ergeben sich als Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung geringstmögliche Anzugszeiten und in Abhängigkeit von der Schalthysterese nur wenige Schaltzyklen. Diese geringe Schalthäufigkeit führt zu guten EMV-Eigenschaften und einer geringen Belastung der Halbleiterbauelemente.

Die Fig. 4 stellt drei Geschwindigkeitsverläufe des Ankers unter speziellen Bedingungen dar. Hierbei zeigt die gestrichelte Linie 3 den Worst Case bei maximaler Überschußenergie, wobei die höchste Steuerspannung, die geringste Temperatur, die geringste Reibung, die geringste Lastfederkraft und der kleinste Luftspalt bei Kontaktgabe bei maximalem Abbrand vorliegen. Der entgegengesetzte Extremfall bei minimaler Energie für den Anzug wird durch die ausgezogene Linie 1 dargestellt. Der Geschwindigkeitsverlauf unter Normalbedingungen (Neuzustand des Gerätes und bei Nennbetriebsbedingungen) ist mit der gepunkteten Linie 2 dargestellt. Je mehr Überschußenergie zur Verfügung steht, um so eher ist der Anzugsvorgang abgeschlossen. Die Geschwindigkeiten, insbesondere zur Kontaktgabe weichen durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung aber nur wenig voneinander ab.

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Regelung des elektromagnetischen Antriebes eines Schaltgerätes, insbesondere in einem Schütz, Magnetventil oder Relais, mit einer Spule, die mit einem Pulssteller zur Erzeugung von gepulsten Spannungen in Verbindung steht, gekennzeichnet durch

- eine übergeordnete Geschwindigkeitschleife mit einem die Geschwindigkeit des Ankers (1) messenden Geschwindigkeitssensor (7),
- einen die Meßspannung in einer der Geschwindigkeit entsprechenden Größe umset-

5

DE 44 30 867 A1

6

zenden Wandler (9).

– eine Summationsstelle (11) zur Ermittlung der Differenz  $v$  zwischen der gemessenen Ankergeschwindigkeit  $v_{\text{M}}$  und einer der Summationsstelle (11) als konstanten Referenzwert zugeführten Führungsgröße  $v_{\text{sol}}$ .

– ein Proportionalglied (13) zur Verstärkung des Ausgangssignales  $v$  der Summationsstelle (11) zu einem Stromwert  $I_{\text{sol}}$ .

– eine unterlagerte Stromregelschleife mit einem den Spulenstrom  $I_{\text{M}}$  messenden Stromsensor (17).

– eine Summationsstelle (15) zur Ermittlung der Differenz  $I$  zwischen dem als Referenzwert dienenden Stromwert  $I_{\text{sol}}$  und dem gemessenen Stromwert  $I_{\text{M}}$  und

– einen der Summationsstelle (15) nachgeschalteten Pulssteller (19) mit Hysterese über den die gepulste Steuerspannung zu der Spule (3) leitbar ist, derart, daß der Steuerstromkreis geöffnet wird, wenn der gemessene Strom  $I_{\text{M}}$  unter Einbeziehung der Hysterese größer als der Referenzstromwert Stromwert  $I_{\text{sol}}$  ist und entsprechend umgekehrt.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (3) mit einem Pulssteller (19) in Reihe und parallel zu einer Freilaufdiode (21) geschaltet ist, derart, daß der Pulssteller (19) geschlossen ist, wenn der Meßwert des Stromes  $I_{\text{M}}$  kleiner als der Referenzwert  $I_{\text{sol}}$  ist und daß der Pulssteller (19) geöffnet ist, wenn der Meßwert des Stromes  $I_{\text{M}}$  größer als der Referenzwert  $I_{\text{sol}}$  ist, wobei dann der Spulenstrom über die Freilaufdiode (21) fließt.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Pulssteller (19) im Laststromkreis ein mit Gleich- oder Wechselspannung beaufschlagter Zweiweggleichrichter (18) vorgegeschaltet ist.

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Summationsstelle (11) aus einem als Subtrahierer beschalteten Operationsverstärker (12) besteht, derart, daß die Signalanpassung der gemessenen Ankergeschwindigkeit durch den Wandler (9) und die Verstärkung des P-Gliedes (13) im Verhältnis der Widerstände (25, 27, 29, 31) enthalten ist, wobei die Referenzspannung  $U_{\text{v.ref}}$  am positiven Eingang und die Meßspannung des Geschwindigkeitssensors  $U_{\text{v.meß}}$  am negativen Eingang des Subtrahierers (23) anliegt.

5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Summationsstelle (15) aus einem Komparator (16) besteht, derart, daß die Hysterese des Pulsstellers (19) mittels einem zwischen dem positiven Eingang und dem Ausgang des Komparators (16) geschalteten Einstellwiderstand (33) eingestellt wird, daß am positiven Eingang die Referenzspannung  $U_{\text{I.sol}}$  und am negativen Eingang die Spannung  $U_{\text{I.meß}}$  des Strommeßwiderstand (17) anliegt und daß das Low/High-Ausgangssignal des Komparators (24) dem nachgeschalteten Halbleiterschalter (20) zugeführt wird.

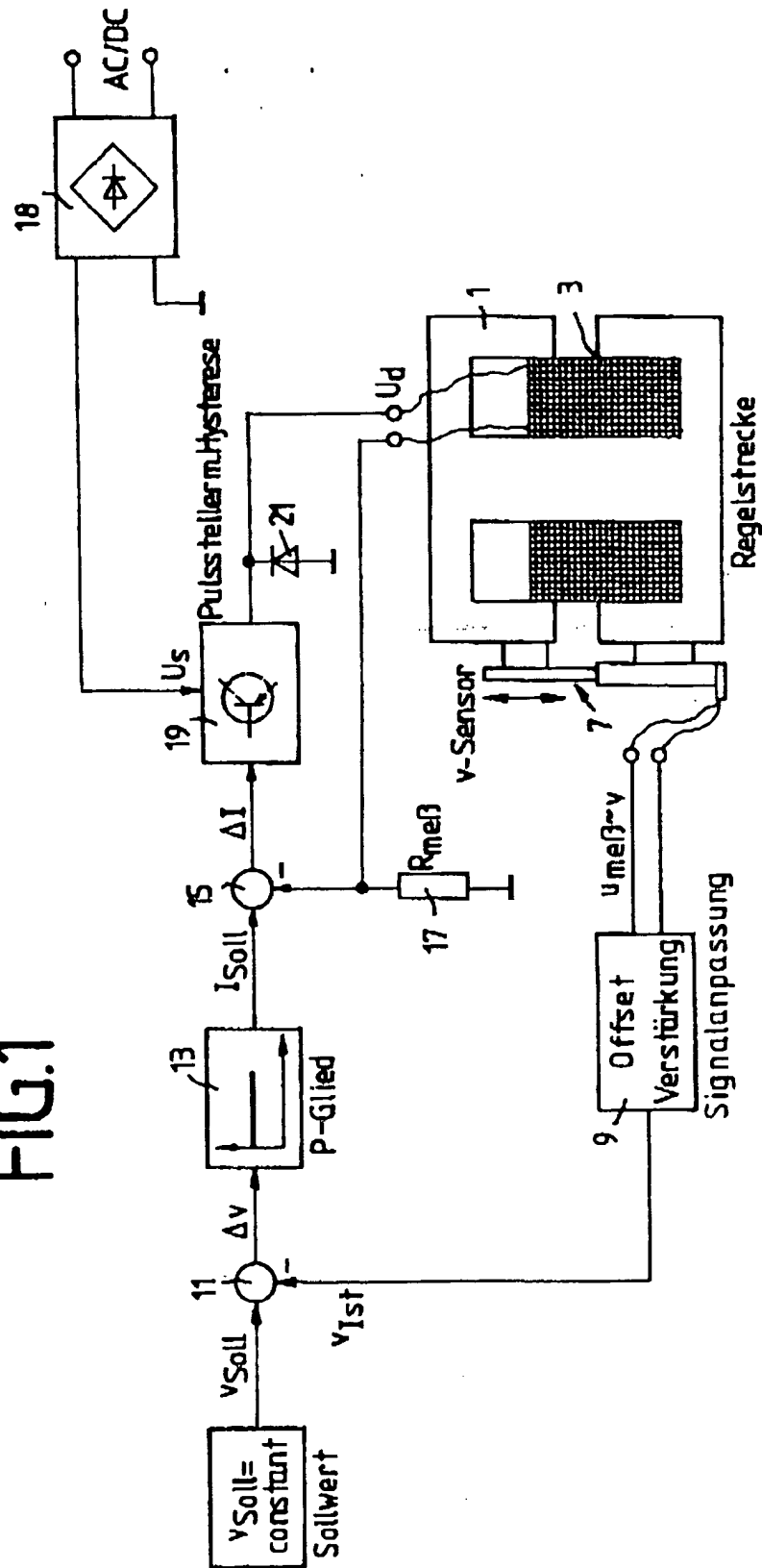
6. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschalter (20) aus einem p-Kanal-Power-MOSFET besteht.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschalter (20) aus einem über eine Ladungspumpe (37) angesteuerten n-Kanal-Power-MOSFET (39) besteht.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Mikrocontroller, in dem die übergeordnete Geschwindigkeitsregelschleife und die unterlagerte Stromregelschleife durch Algorithmen realisiert werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1



ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl.º:  
Offenlegungstag:

DE 44 30 887 A1  
H 01 F 7/18  
7. März 1996

FIG.2

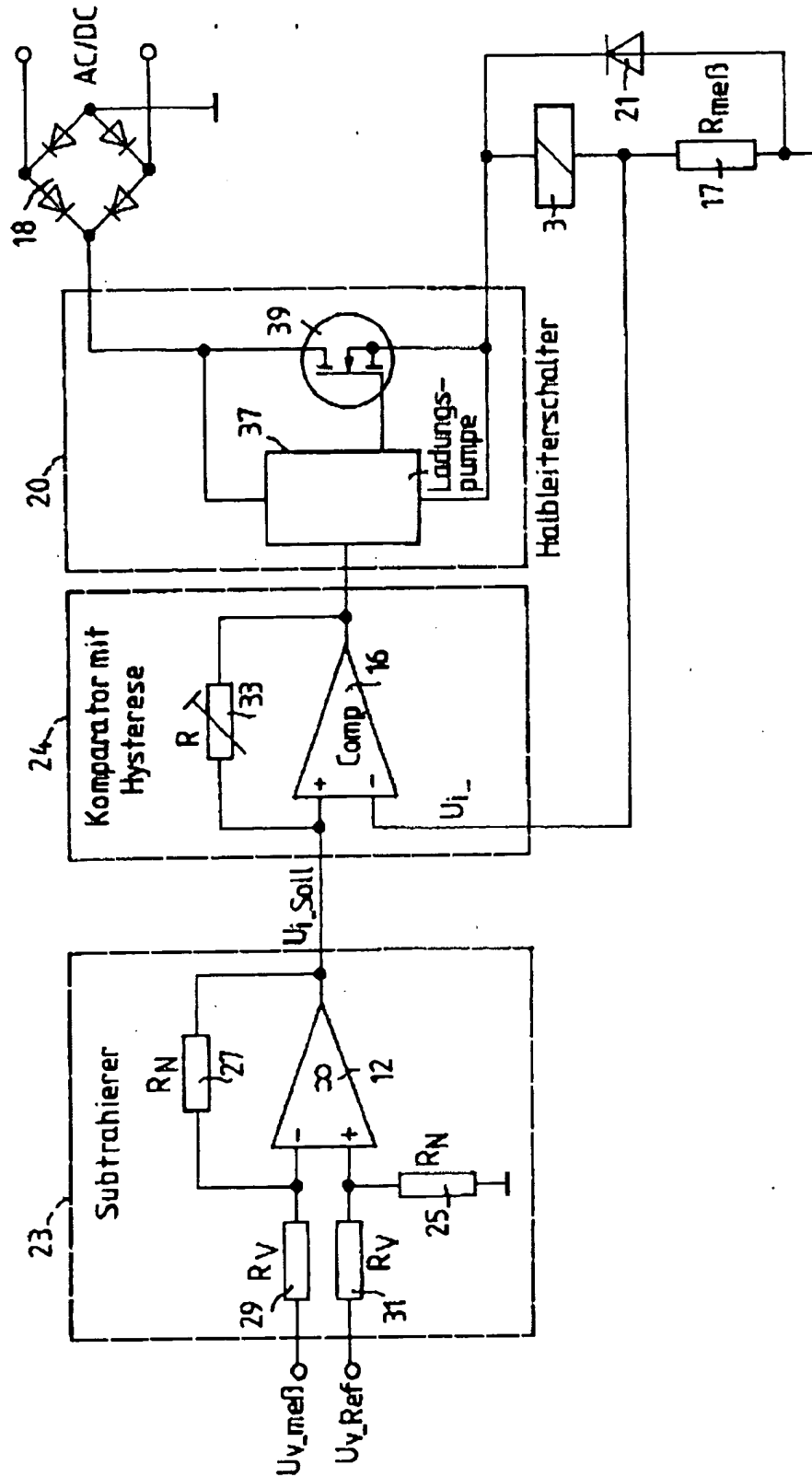


FIG.3a

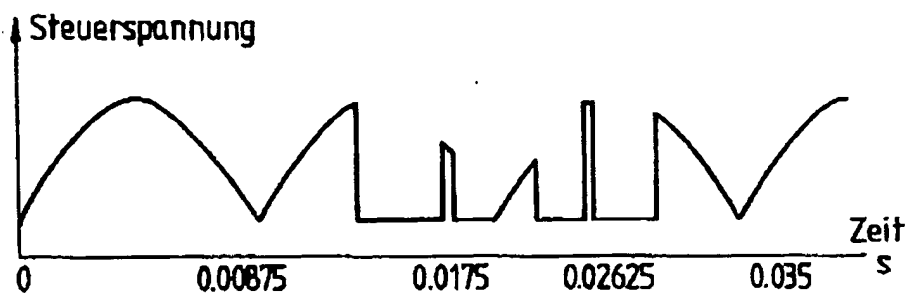


FIG.3b

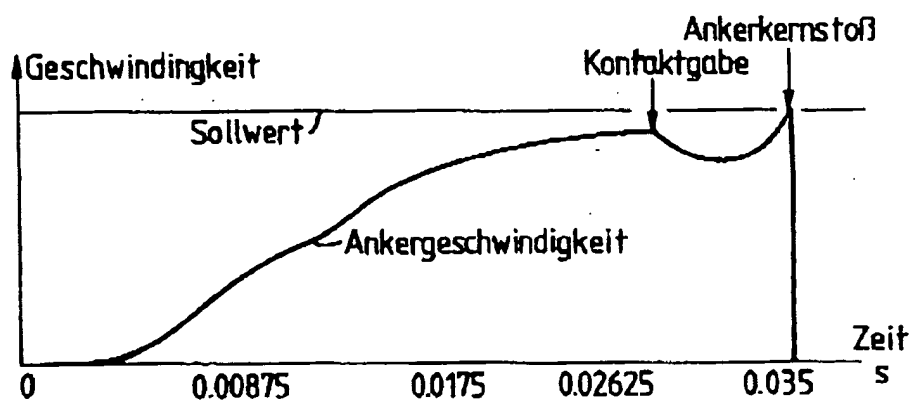
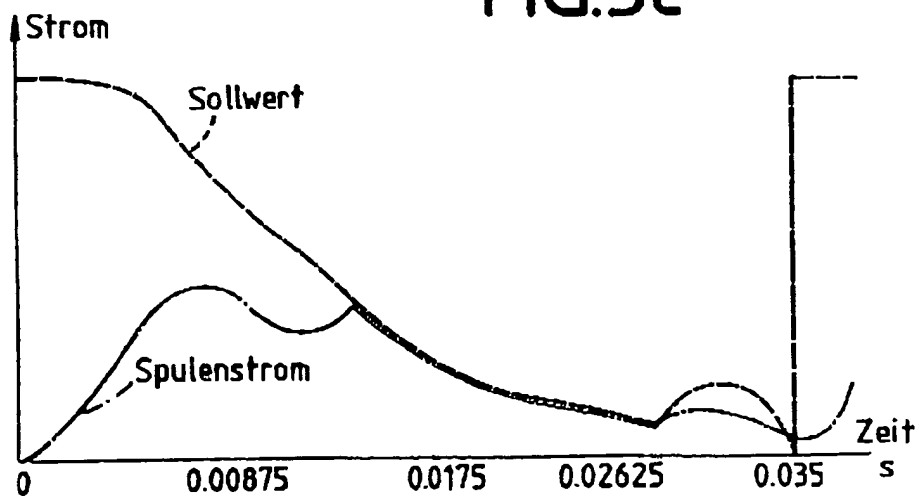


FIG.3c





ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:  
Int. Cl.º:  
Offenlegungstag:

DE 44 30 667 A1  
H 01 F 7/18  
7. März 1996

FIG. 4

